

中央構造線活断層系伊予セグメント西端部, 下灘沖南断層の完新世活動履歴

Holocene faulting history of the Shimonada-oki-minami fault at the western tip of the MTL's Iyo segment

大塚一広¹・七山 太²・三浦健一郎³・池田倫治⁴・金山清一⁵・小林修二⁶
徳間伸介⁷・安間 恵⁸・横山芳春⁹・安原盛明¹⁰・杉山雄一¹¹・佃 栄吉¹²

Kazuhiro Otsuka¹, Futoshi Nanayama², Kenichiro Miura³, Michiharu Ikeda⁴,
Seiichi Kanayama⁵, Shuji Kobayashi⁶, Shinsuke Tokuma⁷, Kei Anma⁸,
Yoshiharu Yokoyama⁹, Moriaki Yasuhara¹⁰, Yuichi Sugiyama¹¹ and Eikichi Tsukuda¹²

¹元活断層研究センターNEDO 養成技術者 (Former NEDO fellow at Active Fault Research Center, GSJ/AIST)

^{2, 11, 12}活断層研究センター (Active Fault Research Center, GSJ/AIST, nanayama-f@aist.go.jp,
sugiyama-y@aist.go.jp, e-tsukuda@aist.go.jp)

³元活断層研究センターNEDO 養成技術者, 現所属: 基礎地盤コンサルタンツ株式会社 (Former NEDO fellow at Active Fault Research Center, GSJ/AIST, present affiliation: Kiso-jiban Consultant Co., Ltd., miura.kenichiro@kiso.co.jp)

^{4, 5, 6}株式会社四国総合研究所 (Shikoku Research Institute Inc., m-ikeda@ssken.co.jp,
skanayama@ssken.co.jp, s-kobayashi@ssken.co.jp)

^{7, 8}川崎地質株式会社 (Kawasaki Geological Engineering Co., Ltd., tokumas@kge.co.jp, ammak@kge.co.jp)

⁹早稲田大学大学院理工学研究科 (Graduate School of Science and Engineering, Waseda University)

¹⁰大阪市立大学大学院理学研究科 (Department of Geoscience, Faculty of Science, Osaka City University)

Abstract: Two paleoearthquakes, ca. 0-6,000 and 10,000 cal. yBP, were identified on the Shimonada-oki-minami fault at the westernmost part of the Median Tectonic Line (MTL)'s Iyo segment. High-resolution acoustic survey and two boring cores of 57.3 m and 15.0 m long at the downthrown and upthrown sides of this fault, located in the Iyo-nada (Iyo Sea) off Ehime Prefecture, revealed more than 13 correlative horizons through detailed analyses of sedimentary facies, pollen and volcanic ash as well as magnetic susceptibility. A 4,000-year-old debris flow deposit found from the downthrown side was probably caused by the younger event. Combined with previous result on the Kaminada-oki-kita fault (Otsuka et al., 2001), we conclude that the Iyo segment has caused four earthquakes since 10,000 cal. yBP with the recurrence interval of 2,500-3,500 years. The Shimonada-oki-minami fault recorded only two of these events because of its location at the western tip of the segment.

キーワード: 伊予灘, 中央構造線活断層系, 伊予セグメント, 完新世活動履歴, 海上ボーリング, 高精度コア解析

Keywords: Iyo-nada (Iyo Sea), Median Tectonic Line active fault system, Iyo segment, Holocene faulting history, maritime boring, high-resolution core analysis

1. はじめに

活断層研究センターと株式会社四国総合研究所は、平成 12~13 年度の 2 ヶ年計画で、伊予灘中央構造線活断層系 (以下、MTL 活断層系と呼ぶ) の広域マッピングと完新世活動履歴評価を実施している。平成 12 年度には、伊予灘東部海域において高分解能シングルチャネル音波探査を実施し、広域反射面の対比に基づいて海底活断層の分布状況と形状を把握すると共に、本活断層系の 1 万年以降の大まかな活動履歴を推定した。さらにこの結果に基づいて、本海域の活断層系を長浜セグメント (西側) と上灘セグメント (東側) の 2 つの活動セグメントに区分した (三

浦ほか, 2001)。七山ほか (2002) は、伊予灘~佐賀関沖海域の本活断層系を幾何学的特徴に基づいて三分し、このうち長浜セグメントを含めた伊予灘海域に広く分布するセグメントを「伊予灘セグメント」、上灘セグメントを「伊予セグメント」と再定義した。両セグメントは串沖に分布するプリアパートベースン (串沖引張性ジョグ) によって境される。

平成 12 年度には、伊予セグメントにおいて最も明瞭な累積変位が認められる上灘沖北断層 (堤ほか, 1990) に着目し、断層の上盤側と下盤側において、それぞれ長尺・不攪乱のボーリングコアを採取した。そして、コア試料の高精度解析に基づく上盤側と下盤側の精密対比の結果、上灘沖北断層の完新世活動

史を明確にすることができた(大塚ほか, 2001). 平成 13 年度には, 伊予セグメントの西端~串沖引張性ジョグの東端に位置する下灘沖南断層(新称)において同様の検討を行った.

2. 調査手法

2.1 コア試料採取地点の選定および採取方法

活動性評価に用いる探査測線とコア採取地点を選定するため, 測線間隔の短いソノプロブ音波探査を実施した. 測線の設定にあたっては, 三浦ほか(2001)の No. 30+50E 測線(第 1 図)を参照し, 下灘沖南断層の走向に対してほぼ直交する方向(NNW-SSE)に, 50~100m 間隔で 7 測線(総延長 20km)の探査を実施した.

その結果, 三浦ほか(2001)の報告した a 面(海底面)~k 面(音響基盤面)に対応する 12 の反射面の存在が確認された. しかし, 上灘コアとの対比から求められた反射面の推定年代値と, 今回得られたコアの年代値とは大きく異なることから, a~k 面の反射面層序を修正し, 新たに下灘沖における反射面層序(a=現海底面, a1, a2, a3, a4, b, g=鬼界アカホヤ火山灰層, h, i, j, k=海進面, l=沖積基底礫層?)を定義した(第 2 図).

ソノプロブ音波探査の結果から, No. 51 測線沿いをボーリング調査の最適地と判断し, 下盤側の 1 地点(Site 1)と上盤側の 1 地点(Site 2)を掘削地点に選定した. Site 1 では音響基盤面(完新統基底)の貫通を, Site 2 では鬼界アカホヤ火山灰層の貫通を, 各々目的として, 台船を用いたオールコアボーリング(コア径 7.2cm)を実施した. その結果, Site 1 と Site 2 において, それぞれ掘削長 57.3m と 15.0m のコアを採取することができた(第 2 図).

2.2 コア試料の解析手順

採取された 2 本のコア(以下, 下灘コアと呼ぶ)を用いて, 1) 堆積年代と堆積環境の推定, および 2) 両コアの高精度対比に基づく地震イベント層準とその時期の特定, を目的として, 以下の手順でコア解析を行なった.

(1) コア記載: 下灘コアを研究室に搬入後, 半割して写真撮影に供し, 基本的に片方の半割コアは観察・保存用, もう一方は試料採取用とした. 層相記載の際には軟 X 線写真も参照し, 堆積構造, 粒度, 色調, 生物擾乱, 粗粒成分等に留意して cm オーダーで記載を行った.

(2) 貝化石群集解析: 採取した貝化石の種の同定を行い, 生息域ごとに群集分帯を行った.

(3) 土色計による測定: 土色計による明度(L*)および色相(a*, b*)の測定を 10cm 間隔で行った. 測定にはミノルタ(株)の SPAD-503 型分光測色計を用いた.

(4) 堆積物物性値測定: 古地磁気試料採集用のポリ

カーボネートキューブ(10cc)を用いて, 5cm 間隔で 1,260 個の定量試料を採取し, 湿潤重量, 乾燥重量, 含砂量および帯磁率を測定した. 含砂量は乾燥重量測定後の試料を用い, 63 μ m および 250 μ m の篩で水洗して求めた. なお, 重量測定には mg オーダーまで計測できる島津製作所製の電子天秤を, 帯磁率測定には Bartington 社製の帯磁率測定装置(Model MS-2)を用いた.

(5) 火山灰分析: 両コアの火山灰の純度が高い層準から 1 試料ずつを採取し, 火山ガラスの形状および屈折率を調べ, 広域テフラとの対比を行った. なお, 屈折率測定は水野清秀氏(活断層研究センター)に依頼した.

(6) AMS¹⁴C 年代測定: AMS(Accelerator Mass Spectrometry)法により, 原地性またはこれに近い貝化石 22 試料の年代測定を実施した. 得られた ¹⁴C 年代値は, INTCAL98(Stuiver *et al.*, 1998)を用いて 1950 年を基準として暦年補正し, 2 σ の年代幅および 1 σ の中央値を求めて以下の議論に用いた. なお, 今回分析に用いた試料は全て海生のものであるため, 海水のリザーバー効果を考慮すると, 概ね数 100 年オーダーで古めの年代誤差を含んでいる可能性がある.

(7) 花粉化石分析: 鬼界アカホヤ火山灰層よりも上位の地層の対比を目的として, 約 1m 間隔で 31 試料を採取した. 抽出した花粉化石濃集液を封入したプレパラートを作成した後, 顕微鏡(400~1000 倍)で観察し, 検出された花粉化石の種類と数を調べた.

3. 下灘コアの層相解析結果

Site 1 の標高 -90.6m 以深には, 掘削時の状況から砂礫層が分布していると判断されるが, 今回, 試料の回収はできなかった. その深度から, この層準は沖積基底礫層に相当する可能性が高い. さらに Site 1 の標高 -78.8m 以深には汽水成の砂質粘土層が認められ, これを干潟の貝化石を含む砂質粘土層が覆っている. よって, 両層の境界面が海進面に相当すると判断され, この海進面より上位の部分が完新統, これより下位は上部更新統に相当する(第 3 図).

下灘コアの完新統は海成砂質粘土を主体とし, 所々に極細粒砂の薄層を伴うものの, 総じて塊状・無構造に見える. 軟 X 線写真を用いた観察の結果, 塊状・無構造の見かけは, 各種底生生物による生物擾乱を受けているためと判断された. また, 一部に貝殻密集層が特徴的に認められる. 実体鏡およびスミアスライドを用いた鏡下観察の結果, 砂質粘土中には貝殻片, ウニの針, 有孔虫, 貝形虫, 海綿の骨針, 海生および淡水種の珪藻, 火山ガラス, 材片が多量に認められた. 砂粒子は細粒~極細粒からなり, 緑色を帯びた碎屑粒子が主体であり, 伊予灘沿岸に広く分布する三波川変成帯の緑色片岩起源と推察される. これらは波浪や潮流によって運搬されたものである.

Site 1 の標高 -53.3m および Site 2 の標高 -43.9m 付近には，火山ガラスの濃集層準が認められた．スミアスライド観察によると，この層準の火山ガラスの純度は極めて高いにも関わらず，重鉱物はほとんど認められないことから，火山灰の堆積時に波浪もしくは潮流によって，比重選別が生じた可能性がある．火山ガラスの形態は，色付きガラスを含む薄手のバブル型ガラスが主体である．さらに火山ガラスの屈折率は 1.509-1.515 であった．これらの事実から，本層準の火山ガラスは鬼界アカホヤ(K-Ah)火山灰(約 7,300 年前; 福澤, 1995)に由来すると判断される(第 3 図)．

貝化石群集解析の結果，下灘コアからはヨコヤマミミエガイ (*Striarca interplicata*) に代表される内湾泥底群集およびシズクガイ (*Theola lubrica*) に代表される内湾停滞域群集に属する種が多く確認された．また，Site 1 のコア下限近くから海進面にかけてヌマコダキガイ (*Potamocorbula amuresis*) やヤマトシジミ (*Colbicula cf. japonica*) 等の汽水環境を示す感潮域群集，海進面直上においてはアサリ (*Ruditapes philippinarum*) に代表される干潟群集が認められた．この他一部に沿岸砂泥底群集が認められた．

上述の層相および貝化石群集の解析結果に基づいて，下灘コアを 3 つの堆積ユニット (Sd-I ~ Sd-III) に区分した (第 3 図)．Sd-III は海進面より下位の上部更新統，Sd-II は鬼界アカホヤ火山灰層直下までの完新統，Sd-I は鬼界アカホヤ火山灰層以上の完新統である．

Site 1 の標高 -44.8m には土石流堆積物 (Ed2)，同 -42.8m 付近には乱泥流堆積物 (Ed1) が観察される (第 4 図)．下灘コアでは，他の層準に重力流堆積物は観察されないこと，一般に乱泥流堆積物よりも土石流堆積物の方が重力流発生源の近傍に認められることから，下位の Ed2 は下灘沖南断層の活動によって生じた地震イベント堆積物の可能性がある．

4．堆積物物性値によるコア対比

今回実施した各種の堆積物物性の分析結果に基づき，Site 1 と Site 2 の高精度コア対比を試みた (第 5 図)．

4.1 明度 (L^*) および色相 (a^* , b^*) による対比

色相による対比の結果， b^* -A および b^* -B の 2 層の対比基準面が認定された．一方，明度 (L^*) による対比の結果， L^* -A および L^* -B の 2 層の対比基準面が対比された．このうち b^* -B および L^* -B は鬼界アカホヤ火山灰の降灰層準と一致する (第 5 図 a, b)．

4.2 帯磁率による対比

帯磁率測定の結果，Site 1 の基底近くや 2 層の重力流堆積物 (Ed1 および Ed2) の層準において，局所的にピークを示すことが判明した．さらに両コアの最

上部で，比較的高い値を示す (第 5 図 c)．一方，鬼界アカホヤ火山灰の降灰層準では，本コア中で最も小さな値を示す．この層準を対比基準面 Mg-A と認定した．

4.3 乾燥重量による対比

湿潤重量と乾燥重量を測定した結果，両者は相似した変動パターンを示すことが明らかになった．この事実は，キューブ試料の重量のほとんどが堆積物によって占められていることを示唆している．さらに，両コアの基底から鬼界アカホヤ火山灰降灰層準付近までの間では，湿潤・乾燥重量とも増減を周期的に繰り返し，これより上位では重量が次第に増加する．そして，海底面直下数 m では重量が減少している．このような湿潤および乾燥重量の変動は，帯磁率の変動と概ね対応している．

乾燥重量の変動パターンに基づいて，両サイトの 7 つの層準を対比し，それぞれ対比基準面 Md-A ~ Md-G とした (第 5 図)．このうち Md-G は鬼界アカホヤ火山灰層準に対応する．

4.4 含砂重量による対比

250 μ m 以上の粒子は，海進面以深では植物片がそのほとんどを占めるが，海進面以浅では軟体動物化石 (主に貝，ウニ) が大半を占めている．重量は 0.1g 未満の層準が多いが，海進面以深では，標高 -71 ~ -65m 付近において，やや重量の増加傾向が認められる．また，土石流堆積物 Ed2 (Site 1，標高 -44.8m) は 1g 以上の軟体動物化石を含む．

63 ~ 250 μ m の粒子の重量は，Site 1 のコア下限から標高 -63m にかけては一部に小刻みな増加も見られるが，概ね 0.3g 以下を示す．これより上位層準においては，緩やかな増加傾向を示し，重力流堆積物 Ed1 (Site 1; 標高 -42.8m) の層準において急増しピークをなす．そこから現海底面に向かって若干の減少傾向をとる．含砂重量に関しては，その急激な増加が認められる 2 つの層準で両サイトの対比が可能と判断し，対比基準面 Sd-A および Sd-B を設定した (第 6 図)．このうち Sd-B は鬼界アカホヤ火山灰層準に一致する．

5．花粉分析結果

鬼界アカホヤ火山灰層以浅の層序対比を目的として，Site 1 の 20 試料および Site 2 の 11 試料の分析を行った．その結果，Site 1 から 48 種類，Site 2 から 47 種類の花粉化石が検出された．そのうち，コナラ (*Quercus*)，ブナ (*Fagus*) などの冷温帯落葉広葉樹類，アカガシ (*Cyclobalanopsis*)，シイノキ (*Castanopsis*) などの暖温帯広葉樹類，ならびにイヌマキ (*Podocarpus*)，ニヨウマツ (*Diploxylon*)，スギ (*Cryptomeria*) などのその他の主要構成要素 (タクサ) の消長に基づいて，花粉帯区分を行った．その結果，Site 1 および Site 2

コア共に、D~Hの5帯に区分され、5枚の対比基準面(PD/E~PG/H)を得た(第6図)。これらの対比基準面は1mの幅を持つものの、堆積物物性値に基づく両サイトの対比結果と整合的である(第7図)。

6. ^{14}C 年代測定結果に基づく各対比基準面の年代

今回得られた22のAMS ^{14}C 年代値の1 σ 中央値を用いて、Site 1およびSite 2コアの堆積速度曲線を作成し、上述した各対比基準面の年代を推定した(第8図)。なお、この推定年代値は、2 σ の年代幅および前述した海水のリザーバー効果を考慮すると、数100年オーダーの誤差を含んでいる可能性がある。

7. 考 察

7.1 下灘コアの解析結果から推定される堆積速度の変遷

下灘コアでは内湾成の砂質粘土が卓越すること、ならびに音波探査記録には顕著な堆積の中断を示す構造が認められないことから、この地域の完新統中には大きなダイアステムは存在しないと仮定して堆積速度曲線を作成した。また、スムーズな堆積速度曲線を作成するため、全体的な傾向から若い方または古い方へ大きく外れる年代値は、堆積速度曲線の作成には用いなかった。

Site 2では、概ね6,400年前付近を境として、堆積速度が大きく変化している。即ち、6,400年前以前には5.2mm/yrであった堆積速度が、6,400年前以降は0.9mm/yrに大幅に減少している(第8図)。一方、Site 1では、堆積速度の急変層準は認められず、9,000年前以降、緩やかな堆積速度の減少が見られる。鬼界アカホヤ火山灰層降灰以降の堆積速度は、2.7mm/yr前後とほぼ一定しており、同時期のSite 2の3倍の堆積速度となっている。

これは、10,000~6,000年前は急速に海水準が上昇する海進期にあたり、Site 2ではこの時期に安定した堆積が継続したが、6,000年前以降の海面高潮期には堆積速度が著しく減少した。一方、Site 1では海面最高潮期以降も、断層活動に伴う沈降により、堆積物がたまりやすい環境であったため、堆積速度の減少がSite 2ほど顕著ではなかったと解釈される。

7.2 対比基準面と反射面の標高差から推定される地震イベント

Site 1 - Site 2間の対比基準面の標高差を上位のものから順に記すと、現海底面: 5.0m, Md-A: 7.7m, Md-B: 8.2m, b*-A: 8.3m, Md-C: 12.7m, L*-A: 13.0m, Md-D: 13.7m, Sd-A: 14.0m, Md-E: 15.6m, Md-F: 16.1m, 鬼界アカホヤ火山灰層準: 14.4mとなる。

一方、ソノプローブ音波探査記録による両サイト間の各反射面の標高差は、a面: 5.0m, a1面: 11.0m, a4面: 14.8m, b面: 14.2m, g面: 13.7m, h面: 13.7m,

i面: 13.5m, j面: 15.0m, j1面: 16.5m, k面: 21.5mである(第9図)。対比基準面および反射面の標高差は、全体として、下位のものほど大きくなっており、下灘沖南断層の変位の累積を示している。

反射面および対比基準面の標高差の変化を詳しく見ると、標高差が下位に向かって急激に増大するところ、複数の基準面で標高差が概ね等しくなっているところが認められる(第10図)。前者は断層活動(地震イベント)による標高差の増大(断層変位の発生)を、後者は断層活動と断層活動との間の“平時”の堆積過程を、それぞれ反映していると考えられる(大塚ほか, 2001)。このような考え方に基くと、次の2つの地震イベントが推定される(第10図)。

Se1 イベント: 反射面 a4 と現海底面、および対比基準面 Md-E と現海底面との間に推定される地震イベント。著者らはこれを下灘沖南断層の最新イベントと推定する。堆積速度曲線から見積もられる反射面 a4 と対比基準面 Md-E の年代は、それぞれ約 5,500 年前および約 6,000 年前である。よって、Se 1 イベントの発生年代は約 6,000 年前以降と推定される。

Se2 イベント: 反射面 k とその上位の反射面 j1 との間に推定されるイベント。両反射面の推定年代から、このイベントはおおよそ 10,000 年前頃に生じたと推定される。

なお、反射面 g (鬼界アカホヤ火山灰層に相当) ~ a4 間、対比基準面 Md-G - Md-F 間では、上位面ほど Site 1 - Site 2 間の標高差が大きくなっている。この現象は下灘沖南断層の北落ち(Site 1 側の沈降・埋積)の上下変位センスとは非調和であり、第2図の音響断面から示唆されるように、陸に近い上盤側(Site 2 側)での厚層化などの堆積的な要因によると考えられる。

7.3 伊予セグメントの完新世活動履歴

上述のように、対比基準面と反射面の標高差から、下灘沖南断層について、約 6,000 年前以降の Se1 と 10,000 年前頃の Se2 の 2 つの地震イベントが推定された。さらに、下盤側の Site 1 では、3 章で言及したように、4,000 年前頃の地震イベントを示唆する土石流堆積物 (Ed2) が検出された。

大塚ほか (2001) は、上灘沖北断層において採取した上灘コアの解析に基づき、Ke1 (2,900 年前以降)、Ke2 (3,300 ~ 5,100 年前)、Ke3 (6,600 ~ 7,100 年前頃)、Ke4 (10,000 年前頃) の 4 つの地震イベントを報告している。

これらの上灘コアの地震イベントと今回明らかにされた下灘コアの地震イベントを対比すると、Se1 = Ke2 and/or Ke1, Se2 = Ke4 となる。さらに下灘コア中の土石流堆積物 (Ed2) の年代は Ke2 の年代範囲に含まれる。しかし、下灘沖南断層では Ke3 に相当するイベントは認定されなかった。その理由として、下灘沖南断層が伊予セグメントと串沖引張性ジョグとの境界部に位置することが考えられる。即ち、伊

予セグメントの地震イベントの中には，断層破壊（少なくとも地表付近での変位）が西端の下灘沖南断層までは及ばなかったものがあると推察される。

以上，平成 12 年度と 13 年度の 2 年間の研究結果をまとめると，伊予セグメントは完新世に 4 回（もしくはそれ以上）活動し，4 回の活動の間隔は 2,500 ~ 3,500 年程度と推定される。陸上のトレンチ調査結果（長谷川ほか，2000；池田ほか，2000）を参照すると，その最新活動時期は中世と推定される。また，下灘沖南断層は，伊予セグメントと串沖引張性ジョグとの境界に位置するため，同セグメントの地震イベントの中には，断層破壊が同断層まで及ばなかったものがあると推察される。

8. まとめ

(1) 下灘沖南断層において，ソノプローブ音波探査と海上オールコアボーリングによる完新世活動履歴調査を行った。断層上盤側と下盤側間の，各反射面および対比基準面の標高差から，約 6,000 年前以降 (Se1 イベント) と 10,000 年前頃 (Se2 イベント) の 2 つの地震イベントが認定された。また，下盤側の Site 1 コアで検出された 4,000 年前頃の土石流堆積物 (Ed2) は，Se1 イベントによって形成された可能性がある。

(2) 上灘沖北断層では 4 つの地震イベントが認定されている (大塚ほか，2001)。下灘沖南断層で認定された地震イベントの数が上灘沖北断層で認められた同イベントの数より少ないのは，下灘沖南断層が伊予セグメントの西端に位置するためと推察される。

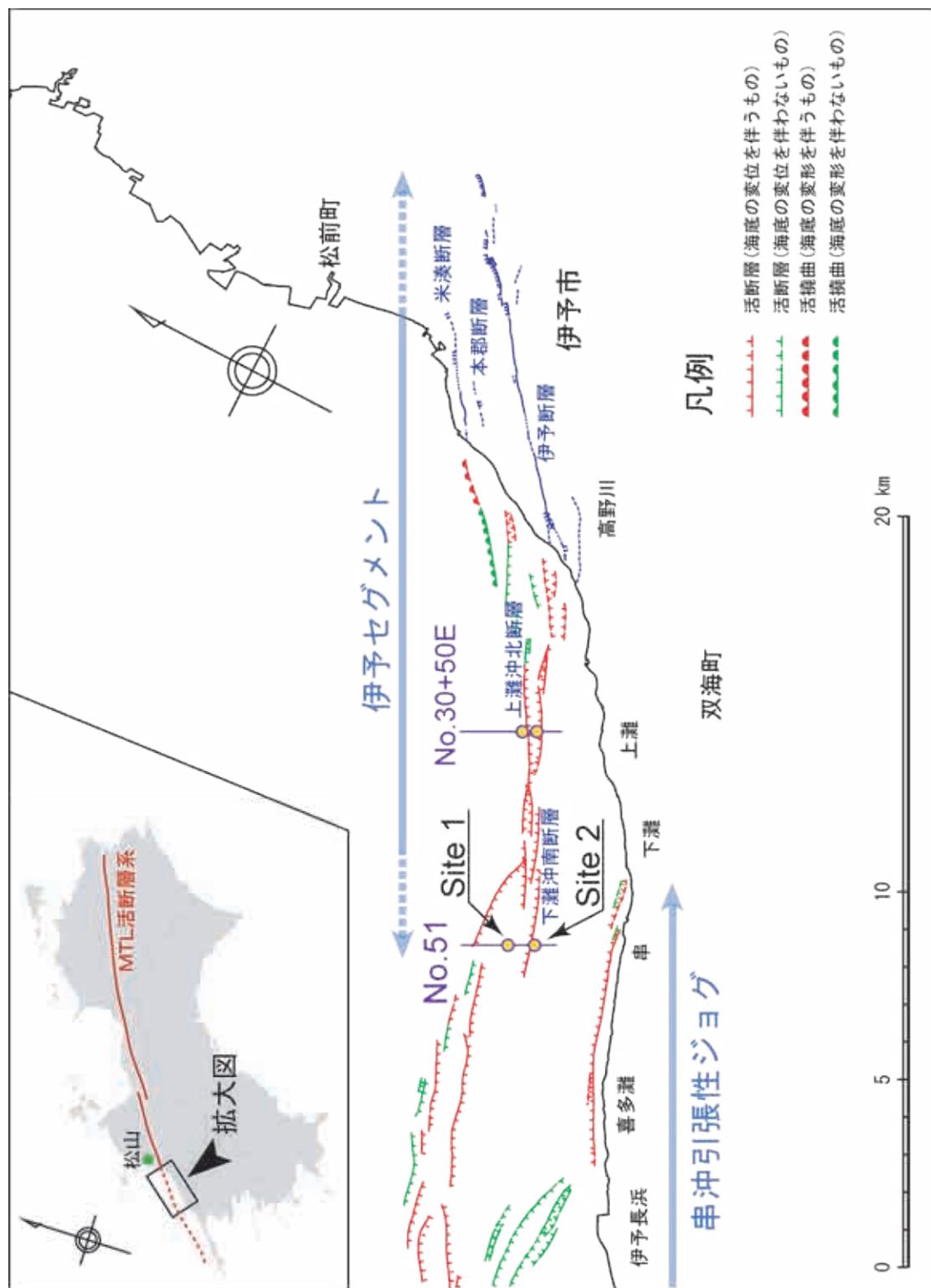
(3) 中央構造線活断層系伊予セグメントは，完新世に少なくとも 4 回（もしくはそれ以上）活動し，4 回の活動の間隔は 2,500 ~ 3,500 年程度と推定される。陸上のトレンチ調査結果（長谷川ほか，2000；池田ほか，2000）を参照すると，最新活動は中世に生じたと推定される。

謝辞 下灘海上ボーリングを実施するに当たり，双海町助役の徳野修三氏には特段のご配慮を賜った。川崎地質株式会社の諸賢には，現場作業に当たり献身的に貢献していただいた。四国電力株式会社の大野裕記氏，高知大学の岡村眞教授ならびに当センターの下川浩一チーム長には，本研究の実施に際し多数の建設的なコメントを賜った。また，当センターの水野清秀氏には火山ガラスの屈折率測定をお引き受けいただいた。さらに，愛媛県庁県民環境部，双海町総務課，松山海上保安部田岡 茂氏ならびに下灘漁協の皆様には，現地作業に当たって多数のご配慮を頂いた。上記の皆様に対し，筆者一同，厚く御礼申し上げる次第である。

文 献

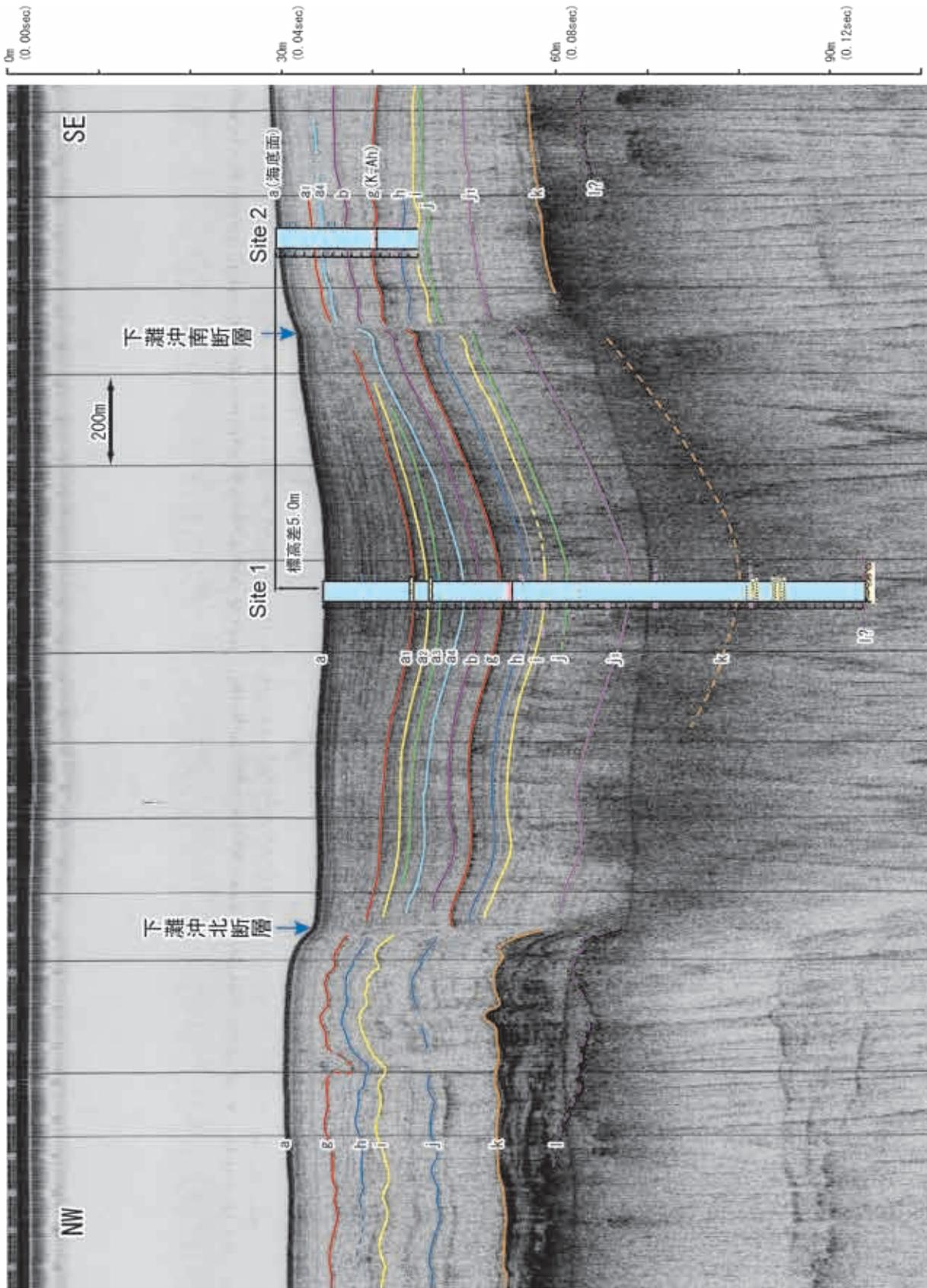
- 愛媛県 (2000) 中央構造線断層帯 (愛媛北西部・石鎚山脈北縁・讃岐山脈南縁) に関する調査。第 4 回活断層調査成果報告会予稿集，89-112。
- 福澤仁之 (1995) 天然の「時計」・「環境変動検出計」としての湖沼の年縞堆積物。第四紀研究，34，135-149。
- 後藤秀昭・中田 高・堤 浩之・奥村晃史・今泉俊文・中村俊夫・渡辺トキエ (2001) 中央構造線活断層系 (四国) の最新活動時期からみた活断層系の活動集中期。地震 2，53，205-219。
- 長谷川修一・池田倫治・鶴田聖子・大野裕記・小林修二・岡田篤正 (2000) 愛媛県伊予市における中央構造線活断層系本郡断層のトレンチ調査 (速報)。四国電力・四国総合研究所研究期報，no. 74，62-70。
- 池田倫治・長谷川修一・大野裕記・岡田篤正 (2000) 愛媛県伊予市における中央構造線活断層系本郡断層の活動履歴調査。日本地震学会講演予稿集 2000 年度秋季大会，C16。
- 三浦健一郎・七山 太・大塚一広・池田倫治・金山清一・長谷川正・杉山雄一・佃 栄吉 (2001) 伊予灘東部海域の中央構造線活断層系の完新世活動性評価 (I) - シングルチャンネル音波探査の成果 -。活断層・古地震研究報告，no. 1，199-214。
- 七山 太・池田倫治・大塚一広・三浦健一郎・金山清一・小林修二・長谷川 正・杉山雄一・佃 栄吉 (2002) 伊予灘～佐賀関沖 MTL 活断層系の広域イメージングとセグメント区分。活断層・古地震研究報告，no. 2，141-152。
- 小川光明・岡村 真・島崎邦彦・中田 高・千田 昇・中村俊夫・宮武 隆・前奈英明・堤 浩之 (1992) 伊予灘北東部における中央構造線活断層系の完新世活動。地質学論集，no. 40，75-92。
- 大塚一広・七山 太・三浦健一郎・池田倫治・金山清一・横山芳春・杉山雄一・佃 栄吉 (2001) 伊予灘東部海域の中央構造線活断層系の完新世活動性評価 (II) - 上灘沖海上ボーリングコアの解析結果 -。活断層・古地震研究報告，no. 1，215-232。
- Stuiver, M., Reimer, P., Bard, E., Beck, J. W., Burr, G. S., Hughen, K. A., Kromer, B., McCormac, G., van der Plicht, J. and Spurk, M. (1998) INTCAL 98 radiocarbon age calibration, 24,000-0 cal BP. *Radiocarbon*, 40, 1041-1083, 及びインターネット [<http://depts.washington.edu/qil/calib/>] における公開プログラム。
- 堤 浩之・中田 高・小川光明・岡村 真・島崎邦彦 (1990) 伊予灘北東部海底における中央構造線。活断層研究，no. 8，49-57。

(受付:2002 年 6 月 21 日, 受理:2002 年 8 月 12 日)

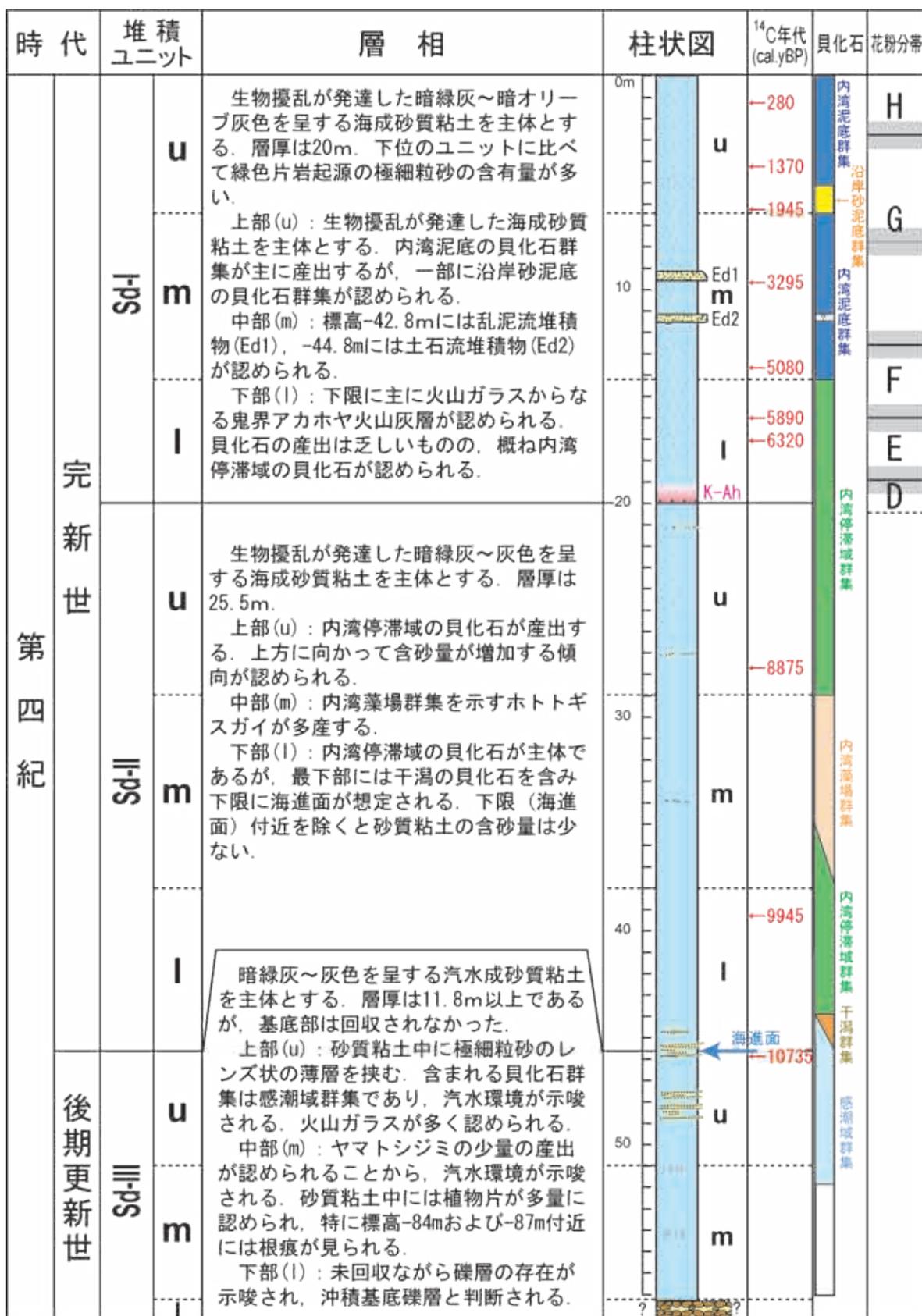


第1図. 伊予灘東部海域, 中央構造線活断層系伊予セグメントの位置図. 今回のソノログープ探査測線 (No. 51) および下灘沖海上ボーリングの掘削地点 (Site 1 および Site 2) を示す.

Fig. 1. Location map of the Iyo segment of the MTL active fault system in east Iyo-nada, showing locations of an acoustic survey line (No. 51) and two boreholes (Site 1 and Site 2) off Shimonada.

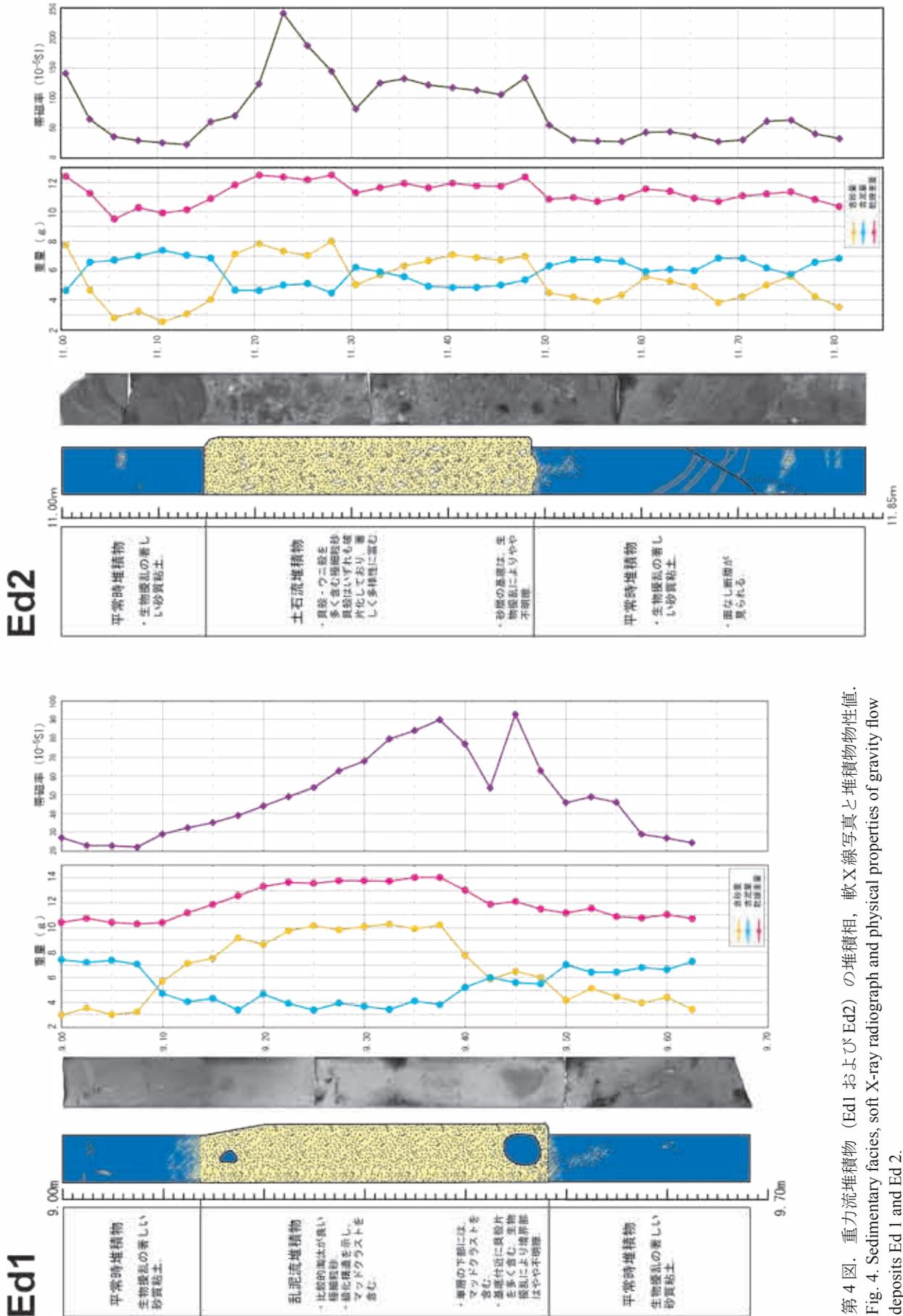


第2図. 下灘沖 No.51 測線におけるソノプロブ音波探査記録と海上ボーリング結果の対比.
 Fig. 2. Sedimentary columns of the Site 1 and Site 2 cores projected on the high-resolution acoustic profile of No. 51 line.

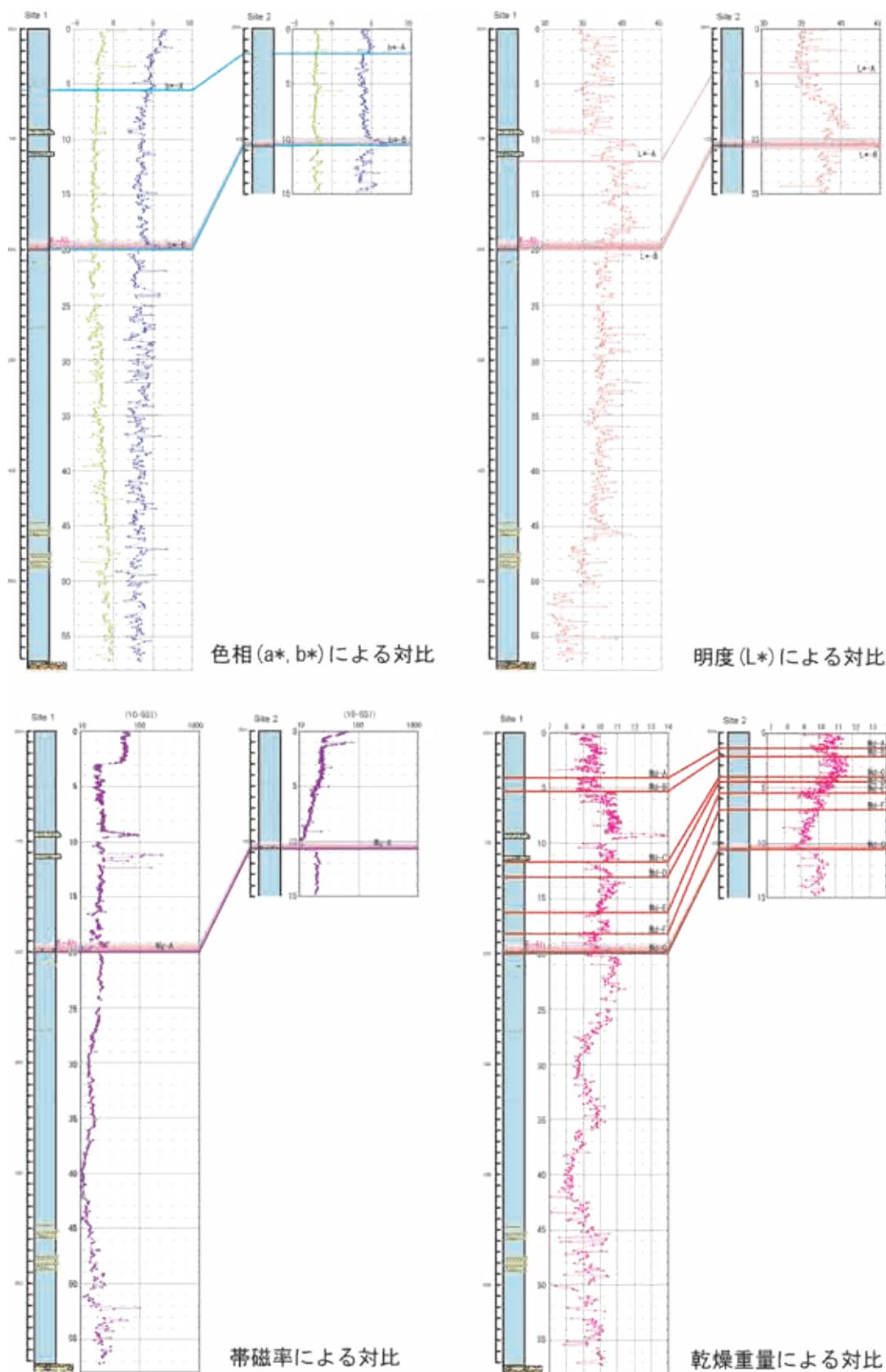


第3図. Site 2 コアに基づく下灘コア層序総括図。

Fig. 3. Stratigraphic summary of the Shimonada core based on the Site 2 core.



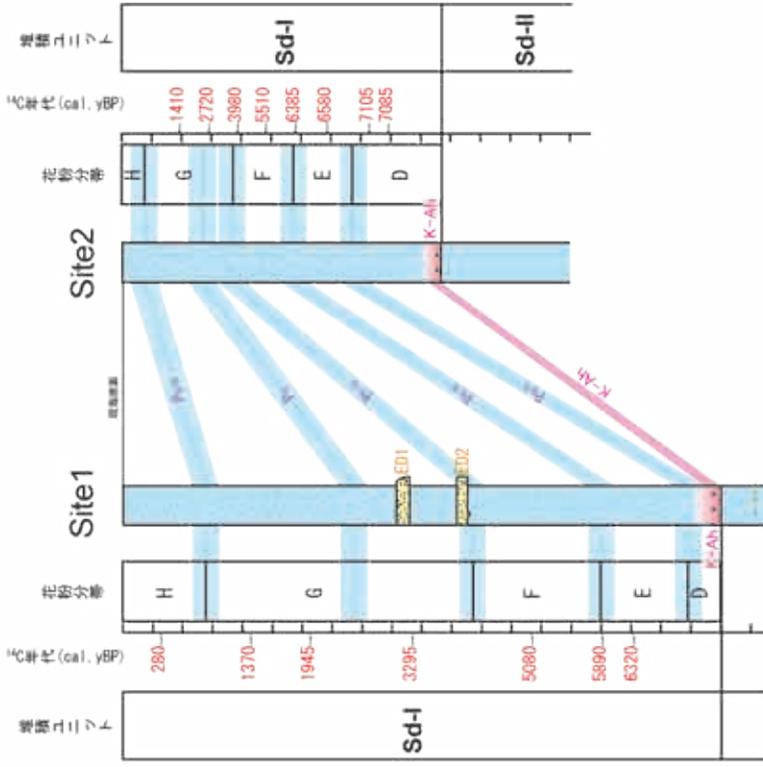
第4図. 重力流堆積物 (Ed1 および Ed2) の堆積相、軟X線写真と堆積物物性値。
 Fig. 4. Sedimentary facies, soft X-ray radiograph and physical properties of gravity flow deposits Ed 1 and Ed 2.



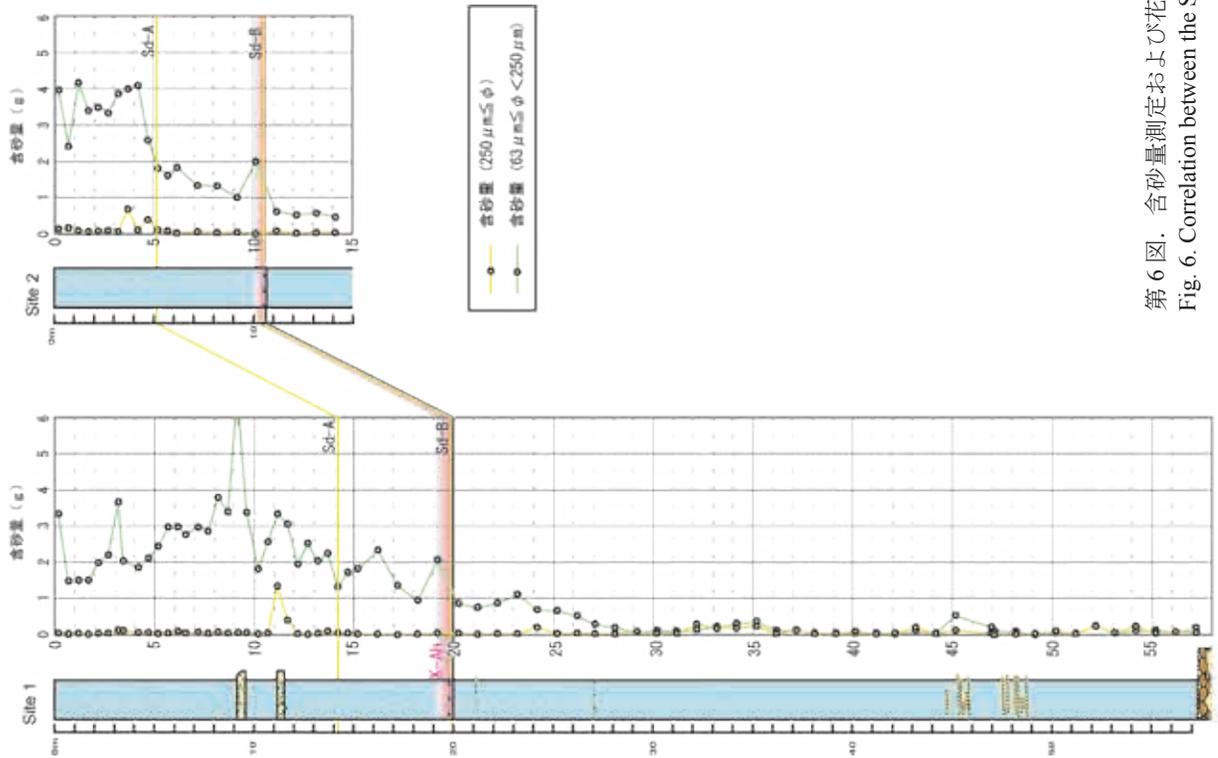
第5図. 色相 (a^* , b^* , L^*), 帯磁率および乾燥重量の測定結果に基づく Site 1 および Site 2 コアの対比.

Fig. 5. Correlation between the Site 1 and Site 2 cores based on the measurement results of color (a^* , b^* , and L^*), dry bulk and magnetic susceptibility.

花粉分帯による対比

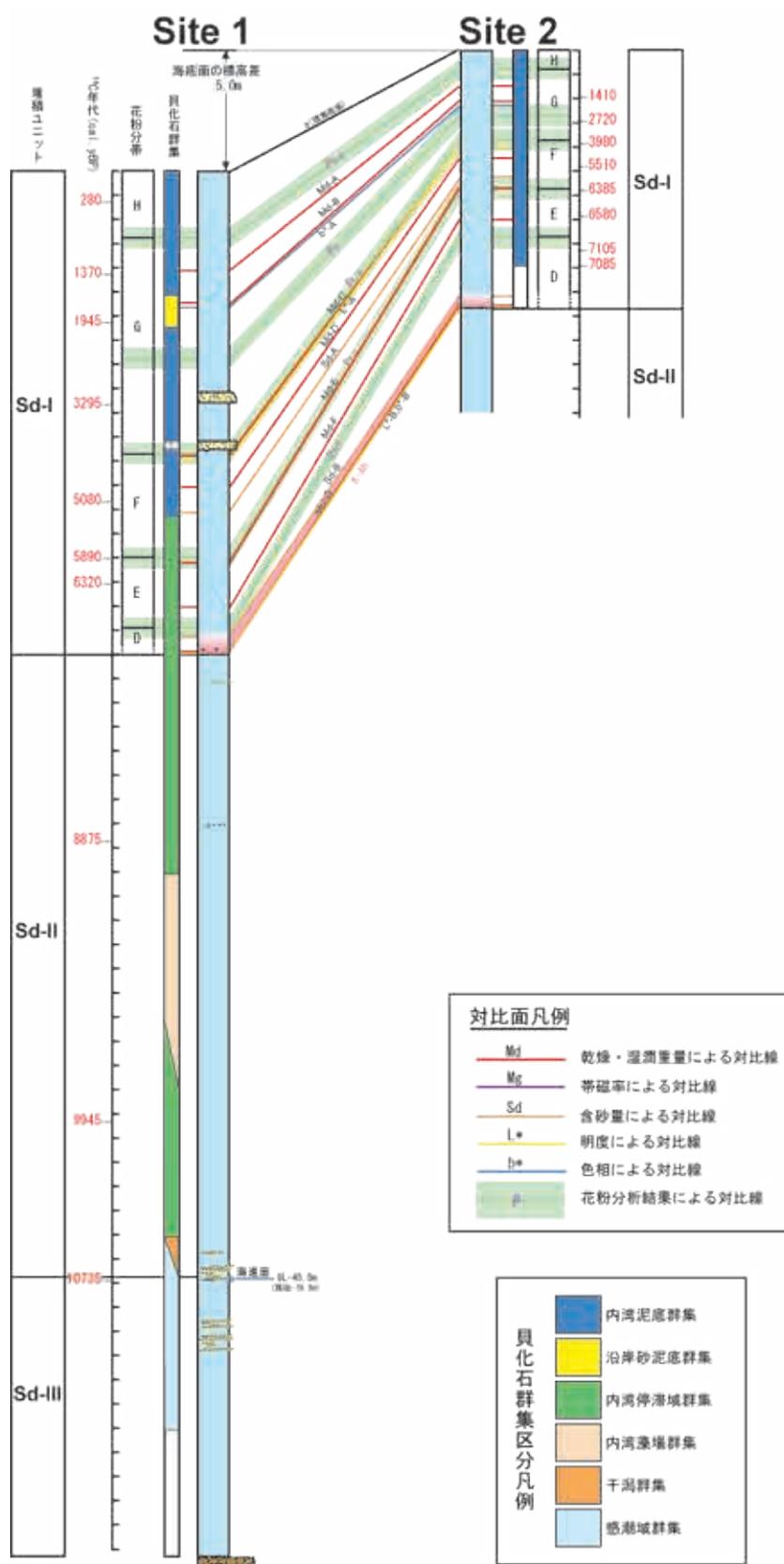


含砂量による対比



第6図. 含砂量測定および花粉分析の結果に基づく Site 1 および Site 2 コアの対比.

Fig. 6. Correlation between the Site 1 and Site 2 cores based on sand content measurement and pollen analysis.



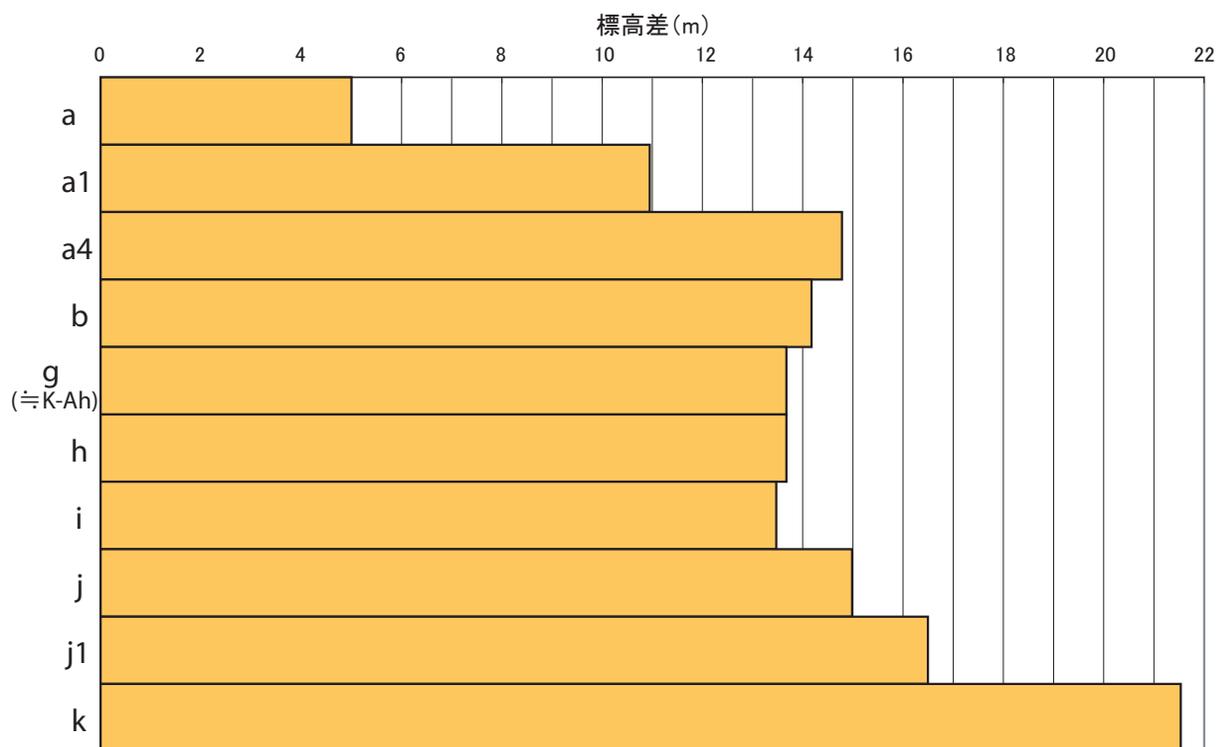
第7図. 堆積学的層序, 貝化石群集組成, 花粉層序および堆積物物性の各基準面に基づく Site 1 および Site 2 コアの総括対比図.

Fig. 7. Summarized correlation between the Site 1 and Site 2 cores based on sedimentary stratigraphy, shell assemblage, pollen stratigraphy and physical properties.

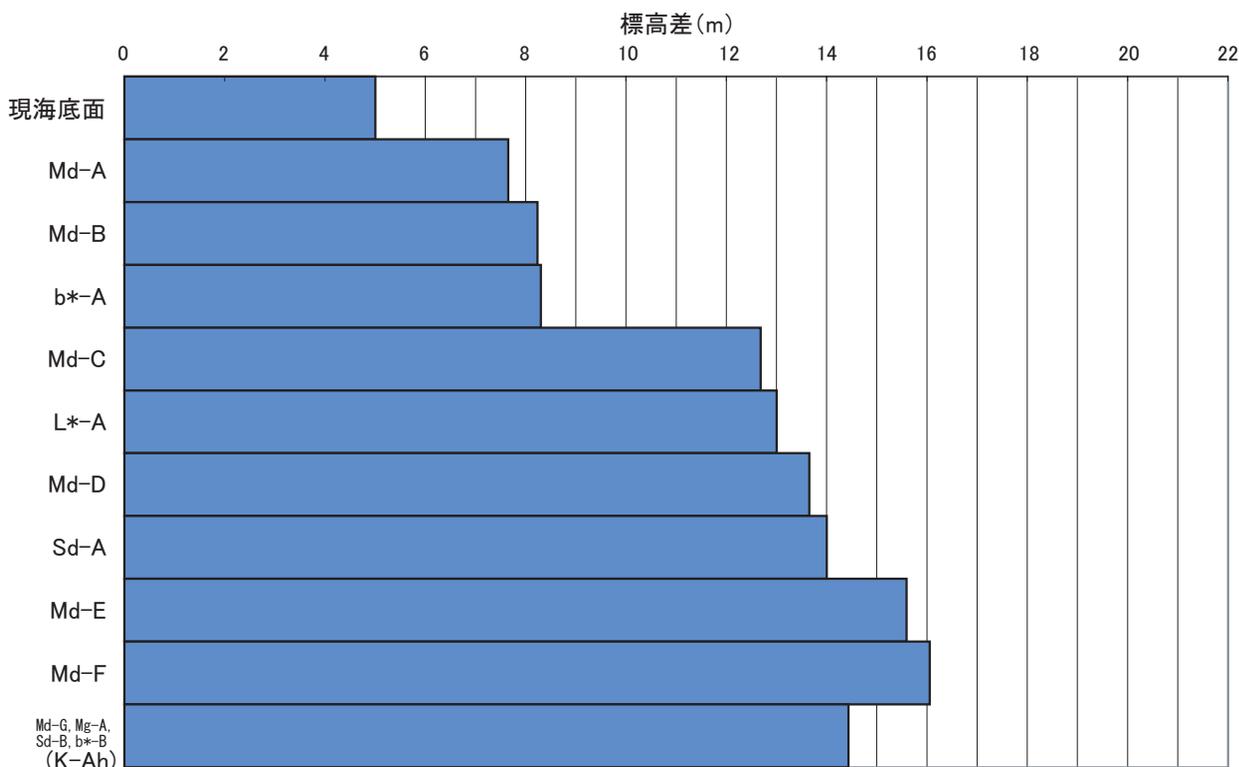


第 8 図. 過去 11,000 年間の Site 1 および Site 2 の堆積速度曲線とこれに基づく各対比基準面の推定年代. 赤色の+印は AMS ¹⁴C 年代データを示す.

Fig. 8. Sedimentation rate curves for the Site 1 and Site 2 since 11,000 yBP and estimated ages of correlative horizons. Red + marks show AMS ¹⁴C age data.



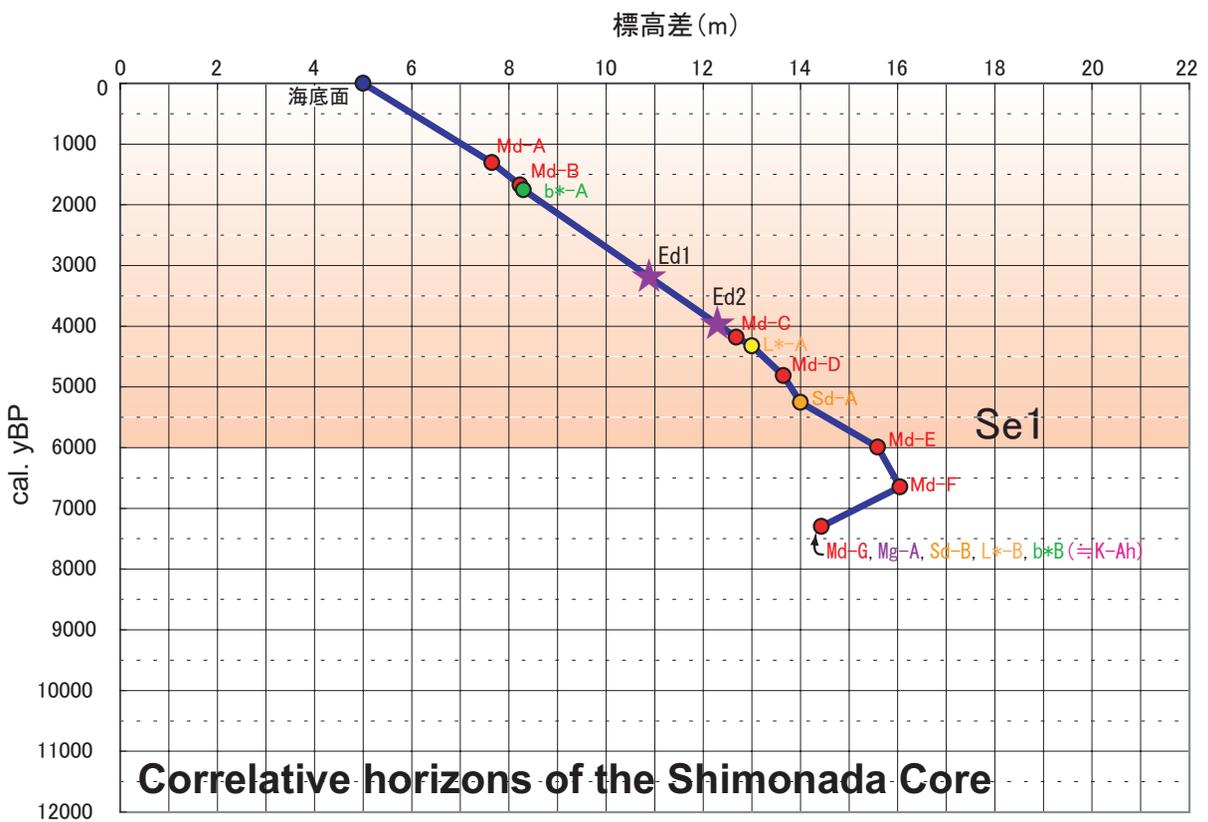
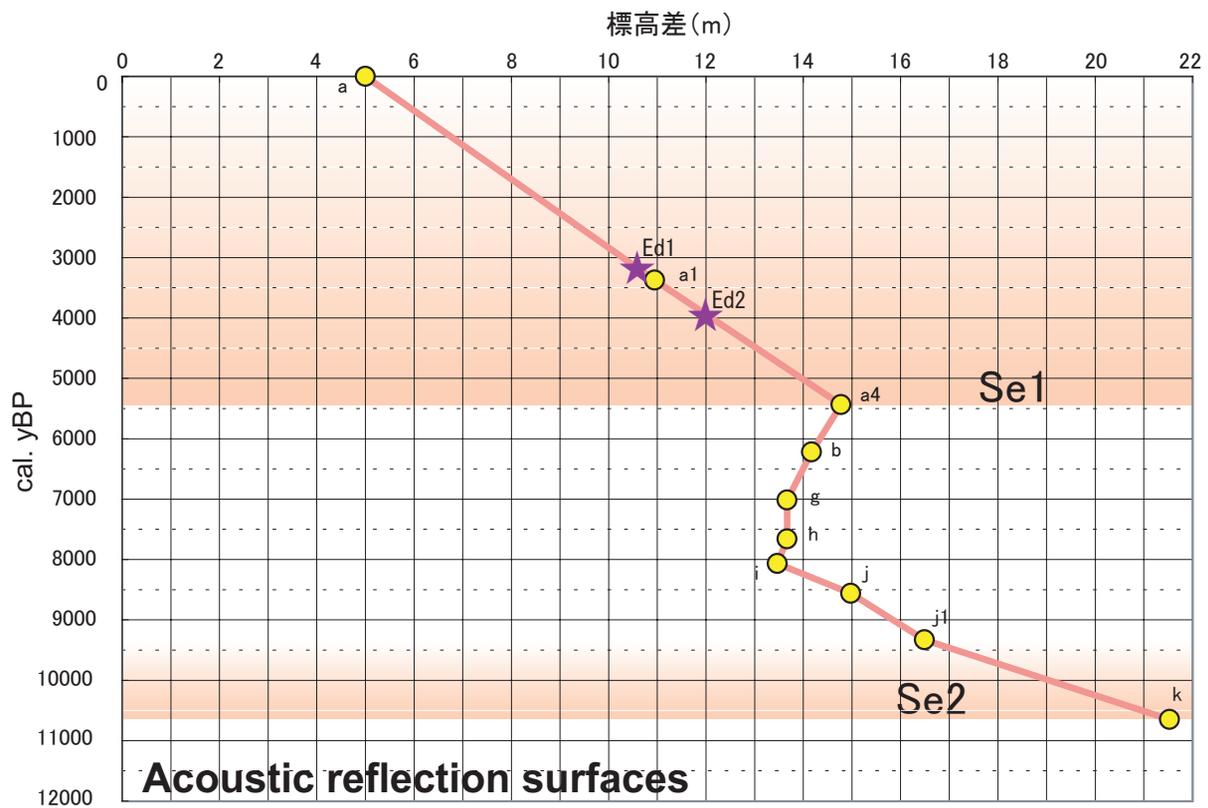
Acoustic reflection surfaces



Correlative horizons of the Shimonada Core

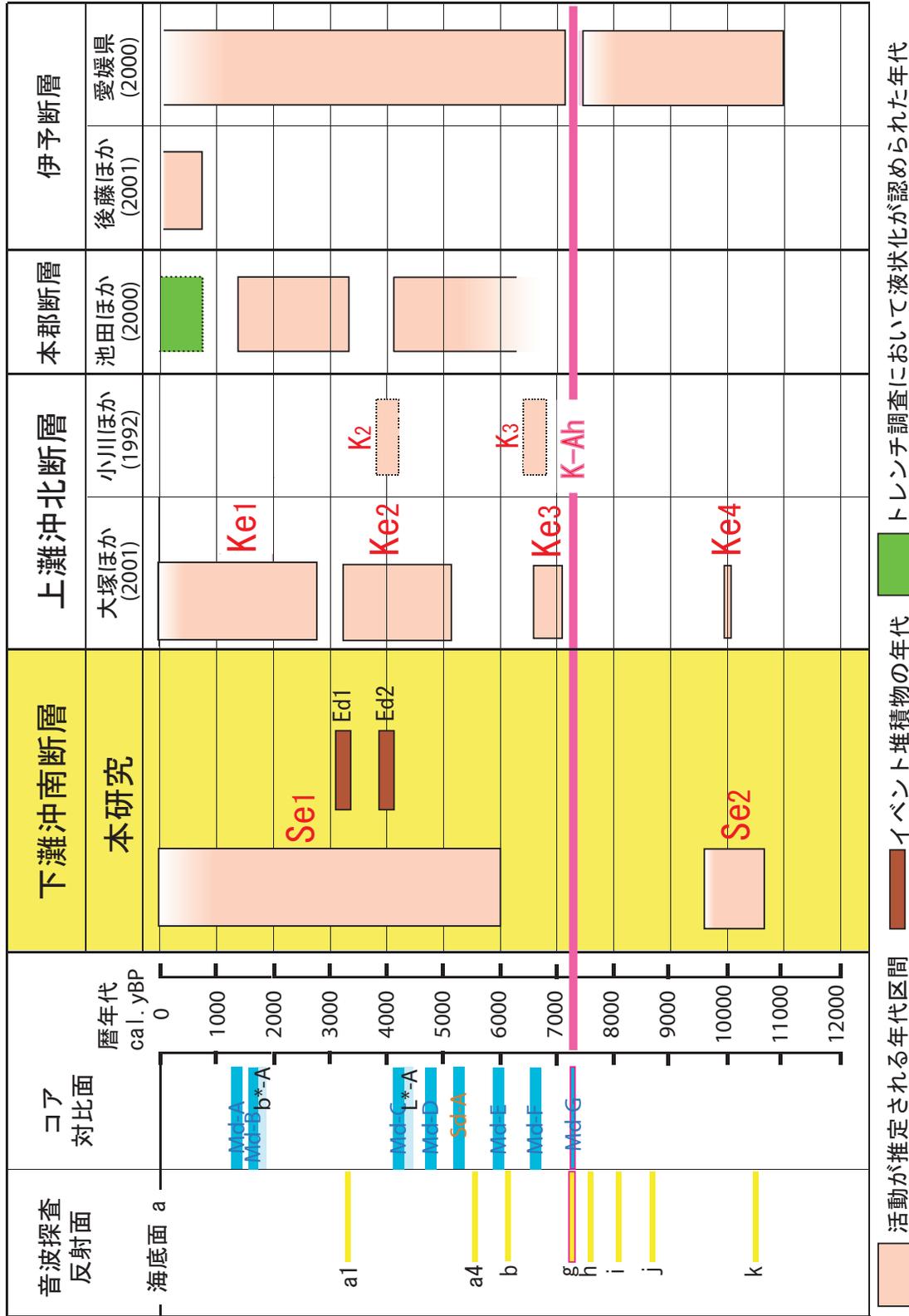
第9図. Site 1 - Site 2間の各音響反射面と対比基準面の標高差.

Fig. 9. Altitude difference of each acoustic reflector and correlative horizon between the Site 1 and Site 2.



第10図. 音響反射面と対比基準面の年代 - 標高差関係とSe1およびSe2イベントの発生時期.

Fig. 10. Age - altitude difference relationship of acoustic reflectors and correlative horizons, and estimated ages of the seismic events Se1 and Se2.



第11図. 中央構造線活断層系伊予セグメントを構成する各断層の完新世活動履歴.
 Fig. 11. Summarized Holocene faulting history of the Iyo segment, MTL active fault system.